

PENENTUAN WAKTU TEMPUH KAPSUL *HYDRAULIC RABBIT SYSTEM* JALUR 2 (JBB 02) DI REAKTOR RSG-GAS

Sutrisno, Sunarko dan Elisabeth Ratnawati

ABSTRAK

PENENTUAN WAKTU TEMPUH KAPSUL *HYDRAULIC RABBIT SYSTEM* JALUR 2 (JBB 02) DI REAKTOR RSG-GAS. Fasilitas iradiasi *Rabbit System* merupakan fasilitas iradiasi yang digunakan untuk penelitian aktivasi neutron¹⁾. Ada dua jenis *Rabbit System*, yaitu 4 buah *hydraulic rabbit system* (JBB01-JBB04) dengan media pengiriman berupa air bebas mineral dan *Rabbit System* Pneumatik (JBB 05). Waktu tempuh pengiriman dan pemulangan kapsul pada fasilitas *hydraulic rabbit system* tergantung dengan besaran laju alir yang terpantau pada instrumen pengukuran aliran. pada saat ini waktu tempuh pengiriman kapsul dari *isotope cell* ke posisi iradiasi telah ditetapkan oleh bagian keteknikan sebesar 46 detik ternyata tidak memenuhi kebutuhan operasional *rabbit system*, Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui waktu tempuh kapsul pada fasilitas *hydraulic rabbit RS 2*, untuk mengetahui waktu tempuh tersebut perlu dilakukan pengamatan laju alir yang variatif dengan membuka katup (JBB02 AA007), sehingga waktu pengiriman maupun pemulangan kapsul pada fasilitas *hydraulic rabbit system* dapat diketahui. Dari pengamatan yang dilakukan didapatkan hasil waktu tempuh pengiriman kapsul *polyethylene (PE)* dari *isotope cell* ke posisi iradiasi sesuai persamaan grafik $Y=57,67 e^{-0,139.x}$, untuk kapsul Aluminium (Al) sesuai persamaan grafik $Y= 68,178 e^{-0,189.x}$, sedangkan waktu tempuh pemulangan kapsul poly ethelene (PE) dari posisi iradiasi ke *isotope cell* sesuai persamaan grafik $Y=56,459 e^{-13.x}$, untuk kapsul Al sesuai persamaan grafik $Y= 65,51 e^{-183.x}$, sehingga hasil ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan waktu tempuh yang diinginkan oleh operator.

Kata kunci: kapsul, *rabbit system* hidrolik

ABSTRACT

DETERMINATION OF TRAVEL TIME CAPSULES *HYDRAULIC RABBIT SYSTEM CHANNEL 2 (JBB 02) AT THE G.A.SIWABESSY REACTOR.* *Rabbit System* is an irradiation facilities used for research on neutron activation. There are two types of *Rabbit Systems* including 4 pieces *Rabbit Hydraulic Systems* (JBB01 - JBB04) and *Rabbit Pneumatic Systems* (JBB 05). Irradiation facility of *hydraulic rabbit system* is irradiation facility with media delivery in the form of capsules. Travel time delivery and the return capsule in *hydraulic rabbit system* facility depends on the magnitude of the observed flow rate on flow measurement instruments for water circulation. To determine the travel time should be observed flow rates varied by opening the valve (JBB02 AA007), so the delivery time and the return capsule in the *rabbit facility hydraulic system* can be known. Observations made from the results obtained travel time capsule delivery poly ethylene (PE) of the *isotope cell* to irradiation position appropriate to the graph $Y=57,67 e^{-0,139.x}$, for capsules Aluminum (Al) appropriate graph $Y= 68,178 e^{-0,189.x}$, while the travel time of the return capsule poly ethylene (PE) from the irradiation position to the *isotope cell* appropriate graph $Y=56,459 e^{-13.x}$, for capsules Al appropriate graph $Y= 65,51 e^{-183.x}$ this result can be used as a reference for determining the travel time desired by the operator .

Key words: capsule, *hydraulic rabbit system*

PENDAHULUAN

Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) merupakan struktur organisasi yang mengemban tugas mengelola dan mengoperasikan reaktor RSG-GAS dengan selamat. PRSG juga bertugas mempromosikan, mengelola dan mengembangkan fasilitas iradiasi di reaktor RSG-GAS.

Fasilitas iradiasi *Rabbit System* merupakan fasilitas iradiasi yang digunakan untuk produksi radioisotop dan penelitian analisis aktivasi neutron. Ada dua jenis *Rabbit System*, yaitu *Hydraulic Rabbit System* dan *Pneumatic Rabbit System*. *Hydraulic Rabbit System* menggunakan air sebagai media pengangkut kapsul iradiasi, sedangkan *Pneumatic Rabbit System* menggunakan gas nitrogen. Di samping sebagai media pengangkut, air dan nitrogen tersebut berfungsi sebagai pendingin kapsul selama iradiasi berlangsung. Fasilitas iradiasi tersebut dapat digunakan untuk iradiasi sampel dengan waktu singkat (beberapa detik) sampai waktu relatif panjang (4-6 jam).

Pada saat ini waktu tempuh pengiriman kapsul yang telah ditetapkan oleh bagian keteknikan sebesar 46 detik ternyata tidak bisa memenuhi kebutuhan operasional *rabbit system* sehingga pengukuran waktu tempuh tersebut kapsul perlu dilakukan. Waktu tempuh pengiriman dan pemulangan kapsul pada fasilitas *hydraulic rabbit* tergantung dengan besaran laju alir yang terpantau pada instrumen pengukuran aliran. Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui waktu tempuh kapsul pada fasilitas *hydraulic rabbit* RS 2. Untuk mengetahui waktu tempuh pengiriman dan pemulangan kapsul dilakukan dengan membuka katup JBB02 AA007 yaitu katup sebelum masuk pompa (Gambar 1) secara bervariasi, maka waktu pengiriman dan pemulangan kapsul melalui rangkain *hydraulic rabbit system* dapat diketahui sehingga dapat digunakan sebagai acuan oleh operator.

DESKRIPSI SISTEM

Fasilitas Iradiasi di *Rabbit System*²⁾

Rabbit system adalah salah satu fasilitas iradiasi yang terletak di area reflektor Beryllium yang digunakan untuk produksi radioisotop dan analisis aktivasi neutron. Fasilitas *Rabbit* terdiri dari sistem hidrolik dan sistem pneumatik. Sistem hidrolik menggunakan air sebagai media pengangkut kapsul iradiasi, sedangkan pneumatik menggunakan gas nitrogen. Reaktor RSG-GAS memiliki 4 buah sistem hidrolik dan satu sistem pneumatik. Sistem pneumatik hanya mempunyai satu pipa saluran dengan diameter 20 mm. Disamping sebagai media pengangkut, air dan gas nitrogen berfungsi juga sebagai pendingin kapsul selama iradiasi berlangsung. Isotop yang mempunyai umur paruh pendek dapat menggunakan sistem pneumatik dengan kemampuan melakukan pengiriman kapsul lebih cepat dari pada sistem hidrolik. Sistem hidrolik dan pneumatik dapat dioperasikan secara bersama-sama dalam waktu yang bersamaan sehingga dapat mengiradiasi beberapa cuplikan sekaligus.

Sistem *rabbit* pada dasarnya terdiri atas:

- Stasiun iradiasi
- Tabung/pipa pengalir
- Stasiun pengiriman dan penerimaan
- Elektronik, instrumentasi dan sistem control

Stasiun Iradiasi

Masing-masing stasiun iradiasi *rabbit system* dipasang dalam elemen grid teras reaktor yang saling terpisah. Stasiun iradiasi dipasang dengan memakai suatu pasak berdiameter 30 mm pada ujung bawah stasiun iradiasi.

Suatu penyangga tetap x,y,z terdapat di atas elemen *rabbit system*, memegang posisi iradiasi. Di dalam elemen *rabbit system*, pipa pengirim didinginkan oleh sistem pendingin reaktor. Di samping itu *rabbit system* juga didinginkan oleh media pengangkut.

Tabung/Pipa Pengalir

Dimulai dari posisi teras, pipa pengirim dan pipa penerima (berikut jalur penampil tekanan untuk *rabbit system* hidrolik) mula-mula naik setinggi +5300 mm melalui kolam reaktor. Kemudian mendatar dengan sudut kemiringan kecil (20°) ke tepi kolam. Selanjutnya naik kembali secara vertikal (+10830 mm), menuju ke saluran sistem rabbit melalui suatu belokan.

Pada tepi kolam, seluruh pipa dijaga oleh peralatan pemegang, sebelah bawah sebagai penyangga x,y,z dan pada bagian atas penyangga x,y. Di antara penyangga tetap dan penyangga bagian bawah di kolam reaktor, suatu *spacer* (pengatur jarak) menjaga agar pipa tidak saling berbenturan apabila terjadi guncangan.

Suatu *shielding bell* baja disediakan di dekat tepi kolam reaktor dimana pipa keluar dari air kolam. Dua peralatan penyangga berikutnya dipasang pada level +13000mm. Pipa pengirim sistem rabbit hidrolik melalui belokan -S (leher angsa) dari lorong *rabbit system* (level +13000 mm) ke pipa penetrasi pada persambungan lorong *rabbit system* level +13000 mm ke ruang 0627 pada level +8000 mm, dan pipa pengembali ke pipa penetrasi melalui *degasifying box*. Pengukur tingkat air, pengukur tekanan, dan pengukur suhu diletakkan dalam *degasifying box*. Pipa dan *degasifying box* dalam lorong sistem rabbit dilindungi oleh lempengan baja. Ujung akhir pipa pengiriman terletak di stasiun *Dispatching* dan *Receiving*, pipa penerima berakhir di katup persilangan di atas *isotope cell*.

Stasiun pengiriman dan penerimaan

Stasiun ini berada di *isotope cell* terdiri dari suatu wadah dengan *drum* yang dapat diputar sesuai dengan posisi operasi yang diinginkan. *Drum* diputar secara manual menggunakan manipulator.

Stasiun *Dispatching* and *Receiving Hydraulic Rabbit system* terdiri dari empat posisi :

1. Stasiun *Sending/Receiving*
2. Posisi *Rabbit Drying*
3. Posisi *Charge/Discharge*

4. Posisi Ventilation

Kapsul rabbit dapat dikeluarkan dari posisi *charge/discharge* baik oleh manipulator ataupun dapat turun ke bawah. Perpindahan posisi selanjutnya oleh operasi pengungkit manipulator dimungkinkan dengan urutan operasi.

Elektronik, instrumentasi dan sistem control

Kelima sistem rabbit dapat dioperasikan secara *independent* dan bersama-sama (simultan).

Hydraulic Rabbit system

Sistem Pompa (JBB02 AP01) dipasang pada satu dinding diruang 0626 diletakan pada suatu kerangka baja berikut tangki. Diruang ini pula terdapat saluran air yang terpisah disambungkan ke masing-masing pompa.

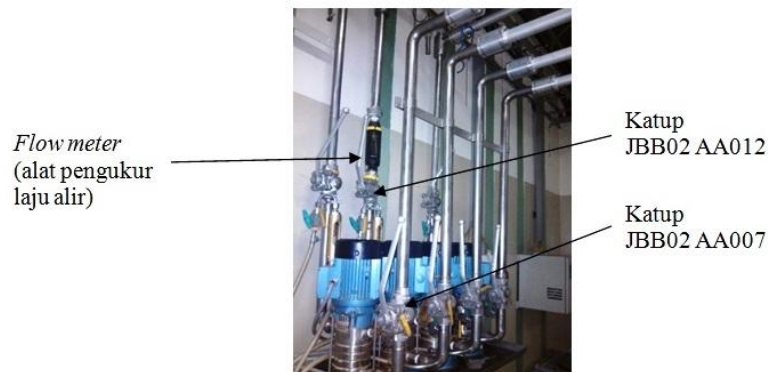
Kolom filter terdiri dari filter mekanis, penukar ion dan *resin traps*, diletakan dibawah pompa. Penukar ion diselubungi oleh timbal setebal 50 mm. Sekitar 4% dari aliran sirkuit utama mengalir ke kolam filter. Pipa tekanan dan pipa penyedot sistem ini dipasang dibawah langit-langit ruang 0626 dan melalui dinding berpelindung baja, masuk ruang 0627. Ujung akhir pipa tekanan pada katup persilangan, sedangkan pipa penghisap disambungkan ke *Delay Box*.

Kegunaan *Delay Box* ialah untuk menjamin air dari stasiun iradiasi mengalir melalui *shielding zone* sekurang-kurangnya 85 detik sebelum akhirnya dikeluarkan dari dinding berpelindung (*shielding wall*). Arah aliran air diatur oleh empat buah katup selenoid yang disambungkan ke katup persilangan.

Alat pengukur laju alir (*flow meter*) *hydrolic rabbit system 2* (JBB02) dipasang pada ruang 0626 setelah pompa JBB02 AP01 dan di atas katup JBB02 AA012 seperti terlihat pada Gambar 1, dan rancangan dasar *hydrolic rabbit system* seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan dasar *Hydrolic Rabbit system* adalah sebagai berikut

Kuantitas	4 Sistem
Dimensi Tabung Pengirim	Diameter dalam sekitar 36 mm
Media pengirim dan media pendingin	Air
Stasiun <i>Dispatching</i> dan <i>Receiving</i>	Berikut saluran yang saling bersesuaian dan evakuasi rabbit kering
Perlengkapan pengindikasian (Instrumen penampil)	Indikator apakah rabbit terdapat di stasiun <i>Dispatching</i> dan <i>Receiving</i> indikator apakah rabbit dalam elemen penyumbat
Material pipa pengalir	Pipa pengirim dan pengembali di dalam dan di luar kolam AlMg3
Tekanan kerja	Tekanan sekeliling
Kecepatan pemindah	Sekitar 0,6 m/detik
Material rabbit	Plastik
Waktu tinggal minimum yang diatur dari indikator posisi “rabbit dalam posisi iradiasi” untuk melakukan perpindahan kembali	0,2 detik
Kecepatan media pendingin dengan temperatur umpan 40°C antara rabbit dan pipa	Min 0,6 m/detik
Material iradiasi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kimia Anorganik (KCl, KBr, dll) ➤ Kimia Organik (Glycogen, Polystyrole, dll) ➤ Fisika Eksperimen (Gd + Eu , dll) ➤ Biofisik (kelenjar tyroid iodine dll) ➤ Oceanografi (Mn, Kerang, dll) ➤ Fisika materi (Co, Ni, Cd, dll) ➤ Makanan (biji tanaman, dll)
Ukuran sampel	Diameter 25 mm Panjang 70 mm
Berat sampel	Max 70 gram
Ukuran rabbit	Diameter luar 33 mm Panjang total 96 mm
Berat sampel + rabbit	Max 100 gram



Gambar 1. Alat pengukur laju alir (*flow meter*) *hydraulic rabbit system 2* (JBB 02).

TATA KERJA

Langkah-langkah pengoperasian fasilitas *hydraulic rabbit system* untuk mengirim kapsul menuju ke teras reaktor dan sebaliknya menuju ke *isotope cell* adalah sebagai berikut:

1. Hidupkan catu daya di panel GS001
2. Hidupkan lampu *isotope cell* (Saklar GP 208 – 64)
3. Buka tangan manipulator dari penguncinya
4. Nyalakan komputer yang digunakan sebagai operator
5. Masukkan kapsul *poly ethelene (PE)* dengan bantuan tang panjang ke dalam *isotope cell*
6. Atur waktu iradiasi (detik) sesuai dengan permintaan pemohon
7. Atur posisi *drum* ke posisi *charging*
8. Lalu masukan kapsul ke dalam drum
9. Atur posisi *drum* ke posisi *sending/receiving*, tunggu sampai tampilan monitor "*Rabbit in Drum*"
10. Atur katup JBB02 AA007 (Gambar 1), sehingga laju alir terbaca 30 l/menit
11. Tempatkan ketiga pengamat pada tiga posisi sebagai berikut:
 - Pengamat 1 sebagai operator yang mengoperasikan pengiradian kapsul dengan program komputer.
 - Pengamat 2 sebagai penghubung komunikasi antara pengamat 1 dengan

pengamat 3 dan juga sebagai pencatat waktu.

- Pengamat 3 sebagai pengamat dan pencatat waktu pengiriman dan pemulangan kapsul dari drum menuju teras reaktor dan kembali lagi menuju drum.
12. Saat pengamat 1 hendak mengirimkan kapsul menuju teras dengan program di komputer, pengamat 1 akan memberikan aba-aba kepada pengamat 2 yang akan diteruskan oleh pengamat 2 kepada pengamat 3.
 13. Setelah pengamat 3 mendapat aba-aba maka seketika itu juga pengamat 3 memulai perhitungan waktu pengiriman kapsul menuju teras reaktor.
 14. Jika kapsul telah tiba di teras reaktor maka akan terdengar suara yang cukup nyaring (karena beda tekanan) dan pengamat 3 akan menghentikan penghitungan waktu untuk selanjutnya diberitahukan kepada pengamat 2 guna pencatatan juga kepada pengamat 1 untuk menginformasikan dan mengkoordinasikan.
 15. Ketika waktu pengiradian selesai maka pengamat 3 bersiap kembali untuk mengaktifkan penghitungan waktu pemulangan kapsul dari teras reaktor menuju drum. Pengaktifan penghitungan dimulai

ketika terdengar suara dentuman beberapa saat setelah pompa jalur hidrolik mati.

16. Penghitungan waktu dihentikan saat kapsul telah tiba di drum dengan petunjuk berupa bunyi yang terdengar nyaring dari *isotope cell*.
17. Bunyi yang nyaring (beda tekanan) di *isotope cell* cukup terdengar jelas oleh pengamat 2 maupun pengamat 3. Pengamat 3 akan menyampaikan waktu yang terukur kepada pengamat 2 yang akan dicatatnya dan diteruskan kepada pengamat 1 untuk informasi dan koordinasi.

Catatan :

- Lakukan pengamatan sebanyak 3 kali
 - Kemudian lakukan pada poin 10 - 17, dengan laju alir 35 l/menit, 40 l/menit dan 45 l/menit dan dilakukan pengamatan sebanyak 3 kali.
18. Lakukan untuk kapsul Al seperti poin 5-poin 17.
 19. Setelah selesai matikan instrumen perangkat fasilitas *Hot Cell*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengoperasian fasilitas *hydraulic rabbit system* jalur 2 (JBB02) waktu tempuh pengiriman kapsul belum diketahui secara pasti, akan tetapi bagian keteknikan telah menetapkan waktu pengiriman kapsul dari *isotope cell* ke posisi iradiasi yaitu 46 detik, penetapan waktu ini berdasarkan perkiraan (asumsi). Hal ini menyebabkan waktu tempuh pengiriman kapsul menuju posisi iradiasi tidak sesuai dengan waktu iradiasi, sehingga diperlukan pengamatan waktu tempuh pengiriman dan pemulangan kapsul dengan membuka katup JBB02 AA007 yang bervariasi sesuai bukaan katup tersebut. Pengamatan waktu tempuh pengiriman maupun pemulangan kapsul dilakukan dengan laju alir yang bervariasi yaitu pada 30, 35, 40 dan 45 l/menit harga ini mengacu pada prosedur pengoperasian *rabbit system* yaitu minimal laju alir sebesar 35 liter/menit³⁾. Pengukuran waktu tempuh dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada laju alir tertentu, dari pengukuran yang dilakukan telah didapatkan data seperti terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

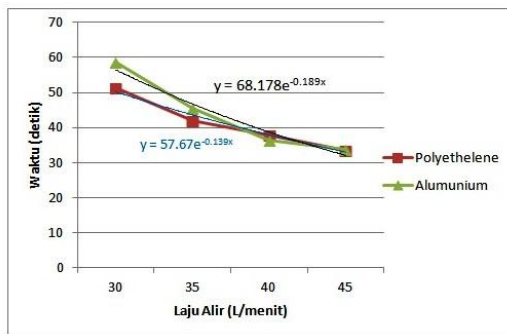
Tabel 2. Data Hasil pengukuran waktu tempuh kapsul *Poly Ethelene (PE)*

Laju alir (Liter/menit)	T1 (detik)		T2 (detik)		T3 (detik)		T(rata-rata) (detik)	
	masuk	keluar	masuk	keluar	masuk	keluar	masuk	keluar
30	54	50	50,56	50,61	49,83	49,98	51,43	50,19
35	42,38	43,03	42,00	42,36	41,95	42,63	42,11	42,67
40	37,88	38,84	37,76	38,21	37,83	37,96	37,82	38,33
45	33,27	34,30	33,37	33,25	33,85	33,63	33,49	33,72

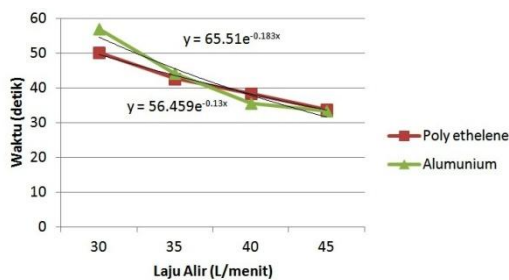
Tabel 3. Data Hasil pengukuran waktu tempuh kapsul Aluminium (Al)

Laju alir (Liter/menit)	T1 (detik)		T2 (detik)		T3 (detik)		T(rata-rata) (detik)	
	masuk	keluar	masuk	keluar	masuk	keluar	masuk	keluar
30	58,64	56,90	58,79	56,91	58,79	56,90	58,74	56,90
35	45,43	44,27	45,53	44,03	45,48	44,25	45,48	44,18
40	36,28	35,29	36,40	35,71	36,45	35,31	36,37	35,43
45	34,00	33,22	33,68	33,10	33,60	33,68	33,76	33,33

T (masuk) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim kapsul dari *isotope cell* ke posisi iradiasi (waktu tempuh pengiriman), dan T keluar adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirim kapsul dari posisi iradiasi ke posisi *isotope cell* (waktu tempuh pemulangan). Sedangkan $T_{rata-rata}$ (masuk) adalah waktu rata-rata dari 3 kali pengukuran T masuk dan $T_{rata-rata}$ (keluar) adalah waktu rata-rata dari 3 kali pengukuran T keluar. Dari data tersebut, $T_{rata-rata}$ (masuk) untuk kapsul poly ethylene (PE) dan $T_{rata-rata}$ (masuk) kapsul Aluminium (Al) dibuat grafik waktu tempuh pengiriman kapsul, yaitu grafik Laju alir versus waktu tempuh kapsul $T_{rata-rata}$ (masuk) seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Waktu Tempuh Pengiriman Kapsul



Gambar 3. Grafik Waktu Tempuh Pemulangan Kapsul

Dari Tabel 2 dan Tabel 3, $T_{rata-rata}$ (keluar) untuk kapsul *Poly Ethylene (PE)* dan $T_{rata-rata}$ (keluar) kapsul Aluminium (Al) dibuat grafik waktu tempuh pemulangan kapsul yaitu Laju alir (l/menit) versus waktu tempuh kapsul $T_{rata-rata}$ (keluar) seperti terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pada laju alir yang rendah menunjukkan waktu tempuh pengiriman kapsul yang relatif lama akan tetapi semakin besar laju alir menunjukkan waktu tempuh pengiriman yang semakin cepat sehingga dapat dibuat persamaan grafik dari program *excel* $Y = 57,67 e^{-0,139 \cdot x}$ dimana Y adalah waktu tempuh (detik) dan x adalah laju alir (l/menit). Sedangkan kapsul Aluminium mempunyai tren grafik yang sama dengan kapsul PE dengan persamaan grafik $Y = 68,178 e^{-0,189 \cdot x}$. Namun untuk kapsul PE dan Al terjadi perbedaan waktu tempuh disaat laju alir yang rendah tetapi akan mendekati sama setelah laju alir pada 45 l/mnt, perbedaan waktu tempuh pengiriman pada saat laju alir rendah dikarenakan massa kapsul PE lebih ringan dibanding kapsul Al.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada laju alir yang rendah menunjukkan waktu tempuh pengiriman kapsul yang relatif lama akan tetapi semakin besar laju alir menunjukkan waktu tempuh pengiriman yang semakin cepat tren ini sama dengan Gambar 2, dari grafik tersebut dapat dibuat persamaan $Y = 56,459 e^{-0,13 \cdot x}$. Sedangkan kapsul Aluminium mempunyai tren grafik yang sama dengan kapsul PE dengan persamaan $Y = 65,51 e^{-0,183 \cdot x}$. Namun untuk kapsul PE dan Al terjadi perbedaan waktu tempuh disaat laju alir yang rendah tetapi akan mendekati sama setelah laju alir pada 45 l/menit, perbedaan waktu tempuh pengiriman pada saat laju alir rendah dikarenakan massa kapsul PE lebih ringan dibanding kapsul Al ini sama seperti Gambar 2.

Dari hasil pengamatan tersebut, penetapan waktu tempuh kapsul dengan asumsi 46 detik tidak dapat digunakan sebagai acuan operasional. Untuk itu penentuan waktu tempuh pengiriman dan pemulangan kapsul perlu dikoreksi dengan persamaan-persamaan yang diperoleh seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.

KESIMPULAN

Dari pengukuran yang telah dilakukan dengan mengatur laju alir dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penentuan waktu tempuh pengiriman kapsul yang selama ini dilakukan dengan menetapkan waktu 46 detik adalah kurang tepat, sehingga perlu koreksi dengan pengukuran yang telah dilakukan.
2. Dari pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil waktu tempuh pengiriman kapsul *Poly Ethylene* (PE) dari *isotope cell* ke posisi iradiasi dengan persamaan $Y = 57,67$.

$e^{-0,139 \cdot x}$, untuk kapsul Alumunium (Al) dengan persamaan $Y = 68,178 e^{-0,189 \cdot x}$. Sedangkan waktu tempuh pemulangan kapsul *Poly Ethylene* (PE) dari posisi iradiasi ke *isotope cell* dengan persamaan $Y = 56,459 e^{-0,13 \cdot x}$, untuk kapsul Alumunium (Al) dengan persamaan

$Y = 56,459 e^{-0,13 \cdot x}$, sehingga hasil ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan waktu tempuh yang diinginkan oleh pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA, *Practical Aspect of Operating A Neutron Activation Laboratory*, IAEA-TECDOC-564, Wina 1990
2. Anonymous, "Interatom," MPR-30 *Rabbit System Facility*" RSG-GA Siwabessy Serpong Tahun 1987
3. Juklak Pengoperasian Fasilitas Iradiasi Rabbit System (JBB01-04), No.ident: RSG.OR.03.03.41.10, Sub. Bidang Pelayanan Iradiasi BOR PRSG, Tahun 2010